

## Beschreibung

Hitzeschildelement, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Hitzeschildelement, insbesondere für die Innenauskleidung einer Brennkammer oder eines Ofens. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Brennkammer mit einer aus Hitzeschildelementen gebildeten Innenauskleidung sowie eine Gasturbine mit einer Brennkammer.

10

Ein thermisch und/oder thermomechanisch hoch belasteter Brennraum, wie beispielsweise ein Brennofen, ein Heißgaskanal oder eine Brennkammer in einer Gasturbine, in dem ein heißes Medium erzeugt und/oder geführt wird, ist zum Schutz vor zu hoher thermischer Beanspruchung mit einer entsprechenden Auskleidung versehen. Die Auskleidung besteht üblicherweise aus hitzeresistentem Material und schützt eine Wandung des Brennraums vor dem direkten Kontakt mit dem heißen Medium und der damit verbundenen starken thermischen Belastung.

15

20

Die US-Patentschrift 4,840,131 betrifft eine Befestigung von keramischen Auskleidungselementen an einer Wand eines Ofens. Hierbei ist ein Schienensystem, welches an der Wand befestigt ist. Die Auskleidungselemente weisen eine rechteckige Form mit planarer Oberfläche auf und bestehen aus einem Wärme isolierenden, feuerfesten, keramischen Fasermaterial.

25

Die US-Patentschrift 4,835,831 behandelt ebenfalls das Aufbringen einer feuerfesten Auskleidung aus einer Wand eines Ofens, insbesondere einer vertikal angeordneten Wand. Auf die metallische Wand des Ofens wird eine aus Glas-, Keramik-, oder Mineralfasern bestehende Schicht aufgebracht. Diese Schicht wird durch metallische Klammern oder durch Kleber an der Wand befestigt. Auf dieser Schicht wird ein Drahtnetz mit wabenförmigen Maschen aufgebracht. Das Maschennetz dient ebenfalls der Sicherung der Schicht aus Keramikfasern gegen

30

35

ein Herabfallen. Zusätzlich befestigt wird mittels eines Bolzens eine gleichmäßige geschlossene Oberfläche aus feuerfestem Material aufgebracht. Mit dem beschriebenen Verfahren wird weitgehend vermieden, dass während des Aufsprühens auftreffende feuerfeste Partikel zurückgeworfen werden, wie dies bei einem direkten Aufsprühen der feuerfesten Partikel auf die metallische Wand der Fall wäre.

Eine keramische Auskleidung der Wandungen von thermisch hoch beanspruchten Brennräumen, beispielsweise von Gasturbinenbrennkammern, ist in der EP 0 724 116 A2 beschrieben. Die Auskleidung besteht aus Wandelementen aus Hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik, wie z. B. Siliziumcarbid ( $\text{SiC}$ ) oder Siliziumnitrit ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Die Wandelemente sind mechanisch mittels eines zentralen Befestigungsbolzens federelastisch an einer metallischen Tragstruktur (Wandung) der Brennkammer befestigt. Zwischen dem Wandelement und der Wandung des Brennraums ist eine dicke thermische Isolationsschicht vorgesehen, so dass das Wandelement von der Wandung der Brennkammer entsprechend beabstandet ist. Die im Verhältnis zum Wandelement etwa drei mal so dicke Isolationsschicht besteht aus keramischem Fasermaterial, das in Blöcken vorgefertigt ist. Die Abmessungen und die äußere Form der Wandelemente sind an der Geometrie des auszukleidenden Raumes anpassbar.

Eine andere Art der Auskleidung eines thermisch hoch belasteten Brennraums ist in der EP 0 419 787 B1 angegeben. Die Auskleidung besteht aus Hitzeschildelementen, die mechanisch an einer metallischen Wandung des Brennraumes gehalten sind. Die Hitzeschildelemente berühren die metallische Wandung direkt. Um eine zu starke Erwärmung der Wand zu vermeiden, z. B. in Folge eines direkten Wärmeübergangs vom Hitzeschildelement oder durch Eindringen von heißem Medium in die durch die voneinander angrenzenden Hitzeschildelementen gebildeten Spalte, wird der von der Wandung des Brennraums und dem Hitzeschildelement gebildete Raum mit Kühl- bzw. Sperrluft beaufschlagt. Die Sperrluft verhindert das Vordringen von hei-

ßen Medium bis zur Wandung und kühlt gleichzeitig die Wandung und das Hitzeschildelement.

Die WO 99/47874 betrifft ein Wandsegment für einen Brennraum  
5 sowie einen Brennraum einer Gasturbine. Hierbei wird ein  
Wandsegment für einen Brennraum, welcher mit einem heißen  
Fluid, z. B. ein Heißgas, beaufschlagbar ist, mit einer me-  
tallischen Tragstruktur und einem auf der metallischen Trag-  
struktur befestigten Hitzeschildelements angegeben. Zwischen  
10 die metallische Tragstruktur und das Hitzeschildelement wird  
eine verformbare Trennlage eingefügt, die mögliche Relativbe-  
wegungen des Hitzeschildelements und der Tragstruktur aufneh-  
men und ausgleichen soll. Solche Relativbewegungen können  
beispielsweise in der Brennkammer einer Gasturbine, insbeson-  
15 dere einer Ringbrennkammer, durch unterschiedliches Wärme-  
dehnverhalten der verwendeten Materialien und durch Pulsatio-  
nen im Brennraum, die bei einer unregelmäßigen Verbrennung  
zur Erzeugung des heißen Arbeitsmediums entstehen können,  
hervorgerufen werden. Zugleich bewirkt die Trennschicht, dass  
20 das relativ unelastische Hitzeschildelement insgesamt flächig-  
er auf der Trennschicht und der metallischen Tragstruktur  
aufliegt, da das Hitzeschildelement teilweise in die Trenn-  
schicht eindringt. Die Trennschicht kann so fertigungsbeding-  
te Unebenheiten an der Tragstruktur und/oder dem Hitzeschild-  
25 element, die lokal zu einem ungünstigen punktuellen Kraftein-  
trag führen können, ausgleichen.

Insbesondere bei Wänden von Hochtemperaturgasreaktoren, wie  
z. B. von unter Druck betriebenen Gasturbinenbrennkammern,  
30 müssen mit geeigneten Brennkammerauskleidungen ihre tragenden  
Strukturen gegen einen Heißgasangriff geschützt werden. Kera-  
mische Materialien bieten sich hierfür im Vergleich zu metal-  
lischen Werkstoffen aufgrund ihrer hohen Temperaturbeständig-  
keit, Korrosionsbeständigkeit und niedrigen Wärmeleitfähig-  
35 keit idealerweise an.

Wegen materialtypischer Wärmedehnungseigenschaften unter im Rahmen des Betriebs typischerweise auftretenden Temperaturunterschieden (Umgebungstemperatur bei Stillstand, maximale Temperatur bei Volllast) muss die Wärmebeweglichkeit keramischer Hitzeschilde in Folge temperaturabhängiger Dehnung gewährleistet sein, damit keine bauteilzerstörenden Wärmespannungen durch Dehnungsbehinderung auftreten. Dies kann erreicht werden, indem die vor Heißgasangriff zu schützende Wand durch eine Vielzahl von in ihrer Größe begrenzten, einzelnen keramischen Hitzeschildern, z. B. Hitzeschildelemente aus einer technischen Keramik, ausgekleidet wird. Wie bereits oben im Zusammenhang mit der EP 0 419 487 B1 diskutiert, müssen zwischen den einzelnen keramischen Hitzeschildelementen entsprechende Dehnspalten vorgesehen werden, die aus Sicherheitsgründen auch im Heißzustand auslegungsgemäß nie völlig geschlossen sein dürfen. Es muss dabei sichergestellt werden, dass das Heißgas nicht über die Dehnspalte die tragende Wandstruktur übermäßig erwärmt. Der einfachste und sicherste Weg, um dies in einer Gasturbinenbrennkammer zu vermeiden, ist dabei die Spülung der Dehnspalte mit Luft, so genannte Sperrluftkühlung. Hierzu kann die Luft verwendet werden, die ohnehin zur Kühlung von Halterungselementen für die keramischen Hitzeschilde erforderlich ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Hitzeschildelement anzugeben, das bei einer hohen Festigkeit eine besonders lange Lebensdauer aufweisen. Des Weiteren sollen eine besonders wartungsarme Brennkammer sowie eine Gasturbine mit einer derartigen Brennkammer angegeben werden.

Bezüglich des Hitzeschildelements wird diese Aufgabe erfindungsgemäß gelöst mit einem aus einem verfestigten gegossen keramischen Werkstoff gebildeten Grundkörper, in den eine Anzahl von Verstärkungselementen eingebracht ist.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass ein für eine besonders hohe Lebensdauer ausgelegtes Hitzeschildele-

ment in besonderem Maße an die extremen Einsatzbedingungen angepasst sein sollte. Um dies zu ermöglichen und eine besonders hohe Zahl an Freiheitsgraden für individuelle Anpassungsmaßnahmen bereitzustellen, ist unter Abkehr von der bisher üblichen Herstellung der Hitzeschildelemente durch Pressen nunmehr eine Herstellung durch Gießen vorgesehen. Allerdings könnte bei einem gegossenen Keramikhitzeschild aufgrund einer vergleichsweise nur geringen Zugfestigkeit insbesondere in Längs- und Querrichtung des Hitzeschildelementes die Lebensdauer des Hitzeschildelementes begrenzt sein. Um daher ein auf einem gegossenen Grundkörper basierendes Hitzeschildelement zur Nutzung der damit erreichbaren gestalterischen Freiheitsgrade zum Einsatz in einer Brennkammer nutzbar zu machen, sollten für eine lange Lebensdauer und eine erhöhte passive Sicherheit besondere Maßnahmen zur strukturellen Verstärkung des Grundkörpers vorgenommen werden, die insbesondere auch den Zusammenhalt des Grundkörpers im Falle einer möglichen Rissbildung verbessern.

Insbesondere für eine erhöhte Zugfestigkeit und zur Reduzierung von Risslängen, die durch thermische und thermomechanische Belastungen auftreten könnten, sind daher Verstärkungselemente vorgesehen, die in den Grundkörper des Hitzeschildelements integriert sind. Dabei sollten diese Verstärkungselemente fest mit dem Hitzeschildelement verbunden sein, um die Materialeigenschaft der Zugfestigkeit der Verstärkungselemente auf das Hitzeschildelement zu übertragen. Diese Funktion wird von den innerhalb der Hitzeschildelementen positionierten Verstärkungselementen erfüllt, die durch den keramischen Gießwerkstoff in den Grundkörper eingegossen und dadurch fest mit diesem bzw. mit der Keramik verbunden sind.

Vorteilhafterweise werden die mit der Verwendung einer Gießtechnik einhergehenden konstruktiven Freiheitsgrade bei der Gestaltung der Hitzeschildelemente insbesondere dafür genutzt, durch geeignete Geometrien oder lokale Variationen von charakteristischen Materialparametern eine besonders hohe Be-

lastbarkeit auch bei wechselnden thermischen Belastungen des Hitzeschildelements sicherzustellen.

5 Damit ein Verstärkungselement an die hohen Temperaturen angepasst ist, dem ein Hitzeschildelement ausgesetzt ist, und sich außerdem beim Gießprozess fest mit dem keramischen Gießwerkstoff verbindet, ist das jeweilige Verstärkungselement vorteilhafterweise aus einem keramischen Werkstoff gebildet, vorzugsweise aus einem oxidkeramischen Werkstoff mit einem  
10  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Anteil von mindestens 60 Gew.-% und mit einem  $\text{SiO}_2$ -Anteil von höchstens 20 Gew.-%. Dieses weist eine vergleichsweise hohe Zugfestigkeit auf und verbindet sich aufgrund der ähnlichen keramischen Materialien bei der Verfestigung fest mit dem keramischen Gießwerkstoff. Außerdem ist die thermische  
15 Dehnung des Verstärkungsmaterials ähnlich dem restlichen keramischen Material des Hitzeschildelementes, so dass bei Temperaturveränderungen keine ungünstigen Spannungen im Hitzeschildelement auftreten. Weiterhin kann das Verstärkungselement zweckmäßigerweise aus keramischen Fasern wie beispielsweise  
20 CMC-Werkstoffen oder aus strukturkeramischem Werkstoff mit einem Porenanteil von höchstens 10 % gefertigt sein.

Das jeweilige Verstärkungselement ist vorzugsweise in der Art  
25 eines lang ausgedehnten, Rund-Keramik-Stabs in der Art einer Bewehrung ausgeführt. Um ein Verstärkungselement besonders fest in ein Hitzeschildelement zu integrieren und um das Verstärkungselement möglichst steif auszulegen, weist dieses zweckmäßigerweise eine Anzahl von Sicken und Aufdickungen  
30 auf. Über diese ist das Verstärkungselement in dem umgebenden Keramikmaterial verankert, wodurch sich die Zugfestigkeit der Verstärkungselementes auf das gesamte Hitzeschildelement überträgt. Bei stangenförmiger Ausgestaltung kann das Verstärkungselement dabei insbesondere an seinen Endbereichen  
35 Verdickungen aufweisen, so dass sich eine Knochenform ergibt. Durch derartige aufgedickte Enden oder auch durch rippenartige Verdickungen wird eine formschlüssige Verbindung zwischen

Verstärkungselement und Grundkörper sichergestellt. Alternativ oder zusätzlich kann diese Verbindung auch kraftschlüssig, beispielsweise über einen Sintervorgang oder eine Körnung, ausgeführt sein.

5

Um ein Hitzeschildelement über die gesamte Fläche zu verstärken, kann ein Verstärkungselement zweckmäßigerweise auch plattenförmig ausgestaltet sein, wobei insbesondere eine parallel und zur Oberfläche des Hitzeschildelementes beabstandet  
10 angeordnete ebene Platte vorgesehen sein kann. Dabei kann jeweils eine Platte an der dem Arbeitsmedium zugewandten Seite positioniert sein, während der kühleren Seite des Hitzeschildelementes ebenfalls eine Platte zur Verstärkung zugeordnet ist.

15

Um einen möglichst festen Materialverbund zwischen einem als Platte ausgebildeten Verstärkungselement und dem umgebenden Keramikmaterial zu erreichen, weist eine derartige Platte vorteilhafterweise eine Anzahl von Aussparungen auf. Dadurch  
20 kann beim Gießprozess des Hitzeschildelementes die keramische Gießmasse in die Aussparungen gelangen und sich auch dort verfestigen. Die Platte kann dabei insbesondere als Lochplatte ausgeführt sein, wobei Anzahl, Größe und Positionierung der Löcher zweckmäßigerweise in Abhängigkeit von Eingangszweck und Materialparametern geeignet gewählt sind.  
25

In alternativer oder zusätzlicher vorteilhafter Ausgestaltung weist ein Verstärkungselement eines Hitzeschildelementes vorzugsweise eine Gitterstruktur auf. Dabei können die Gitterelemente ein mit rautenförmigen oder quadratischen Aussparungen strukturiertes Gitter ausbilden. Ein Verstärkungselement  
30 kann auch durch eine Platte gebildet sein, die kreisrunde Aussparungen aufweist, die in gleichmäßigen Abständen voneinander positioniert sind, so dass eine gitterförmige Struktur  
35 entsteht.

Um ein Hitzeschildelement besonders an den Seiten zu verfestigen oder zu verstärken, ist ein Verstärkungselement zweckmäßigerweise stabförmig ausgebildet und längs einer Umfangskante des Hitzeschildelementes positioniert.

5

Um die strukturelle Integrität des Hitzeschildelements selbst bei einsetzender Rissbildung über seinen gesamten Umfang hinweg sicherzustellen, hat ein Verstärkungselement vorzugsweise eine ringförmig geschlossene Form und verläuft längs des Umfangs des Hitzeschildelementes.

10

Um die Festigkeit eines derartig ringförmigen Verstärkungselementes und damit auch die des Hitzeschildelementes noch zu erhöhen oder möglichst verwindungssteif zu gestalten, ist ein Verstärkungselement zweckmäßigerweise als kreisrunder Ring ausgeführt.

15

Für eine Stabilisierung und Verfestigung der Ecken eines Hitzeschildelementes hat ein Verstärkungselement vorteilhafterweise eine kreuzförmige Form, wobei die Enden im Bereich der Ecken des Hitzeschildelementes positioniert sind. Für eine geeignete Verspannung des kreuzförmigen Verstärkungselementes im Hitzeschildelemente, die die Zugfestigkeit erhöht, können die Enden des kreuzförmigen Verstärkungselementes verdickt sein, so dass das Verstärkungselement im Hitzeschildelement verankert ist.

20

25

Zweckmäßigerweise sind Hitzeschildelemente der oben beschriebenen Art Bestandteile der Innenauskleidung einer Brennkammer. Diese Brennkammer ist vorteilhafterweise Bestandteil einer Gasturbine. Die Brennkammer könnte dabei als siloförmige Brennkammer oder als aus mehreren kleineren Verbrennungssystemen zusammengesetzte Brennkammer ausgeführt sein, ist aber vorzugsweise als Ringbrennkammer ausgebildet.

30

35

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere in der Möglichkeit, unter Rückgriff auf ein Gießverfahren



- mit den dadurch möglichen gestalterischen Freiheitsgraden Hitzeschildelemente herzustellen, die eine besonders hohe Zugfestigkeit aufweisen. Durch die Integration von Verstärkungselementen in Hitzeschildelemente, die aus einem gegossenen keramischen Werkstoff bestehen, ist es möglich, die Materialeigenschaften der Verstärkungselemente wie insbesondere die Zugfestigkeit auf ein Hitzeschildelement zu übertragen. Dabei kann die Formgestaltung eines Hitzeschildelementes flexibel gehalten werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass durch die Wahlmöglichkeit verschiedener Ausführungsformen von Verstärkungselementen und die Positionierung dieser im Hitzeschildelement eine individuelle Anpassung an die auf ein Hitzeschildelement einwirkenden thermischen und mechanischen Belastungen ermöglicht wird. Aufgrund der erhöhten Festigkeit der Hitzeschildelemente verlängert sich auch die Lebensdauer eines Hitzeschildelementes, da die Ausbreitung von Rissen reduziert und die strukturelle Integrität des Bauteils (passive Sicherheit) erhöht wird.
- Der Vorteil eines Gießvorgangs besteht in der Möglichkeit, komplexere Formen von Hitzeschildelemente herzustellen. So kann einerseits die äußere Grundform vergleichsweise leicht und preisgünstig variiert werden. Andererseits ist es bei einem Gießvorgang möglich, Vorrichtungen für die Befestigung der Hitzeschildelemente an der Brennkammerwand mit einzugießen. So können in gegossenen Hitzeschildelementen beispielsweise Nuten, Bohrungen, Gewinde oder auch Halterungsvorrichtungen eingegossen werden.
- Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

FIG 1        einen Halbschnitt durch eine Gasturbine,

FIG 2        die Brennkammer der Gasturbine nach FIG 1,

- FIG 3 ein Hitzeschildelement mit plattenförmigen Verstärkungselementen,
- FIG 4 ein Hitzeschildelement mit einem gitterförmigen Verstärkungselement,
- FIG 5 ein Hitzeschildelement mit stabförmigen Verstärkungselementen,
- FIG 6 ein Hitzeschildelement mit einem ringförmigen Verstärkungselement, und
- FIG 7 ein Hitzeschildelement mit einem kreuzförmigen Verstärkungselement.

15

Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

Die Gasturbine 1 gemäß FIG 1 weist einen Verdichter 2 für Verbrennungsluft, eine Brennkammer 4 sowie eine Turbine 6 zum Antrieb des Verdichters 2 und eines nicht dargestellten Generators oder einer Arbeitsmaschine auf. Dazu sind die Turbine 6 und der Verdichter 2 auf einer gemeinsamen, auch als Turbinenläufer bezeichneten Turbinenwelle 8 angeordnet, mit der auch der Generator bzw. die Arbeitsmaschine verbunden ist, und die um ihre Mittelachse 9 drehbar gelagert ist. Die in der Art einer Ringbrennkammer ausgeführte Brennkammer 4 ist mit einer Anzahl von Brennern 10 zur Verbrennung eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs bestückt.

30

Die Turbine 6 weist eine Anzahl von mit der Turbinenwelle 8 verbundenen, rotierbaren Laufschaufeln 12 auf. Die Laufschaufeln 12 sind kranzförmig an der Turbinenwelle 8 angeordnet und bilden somit eine Anzahl von Laufschaufelreihen. Weiterhin umfasst die Turbine 6 eine Anzahl von feststehenden Leitschaufeln 14, die ebenfalls kranzförmig unter der Bildung von Leitschaufelreihen an einem Innengehäuse 16 der Turbine 6 be-

35

festigt sind. Die Laufschaufeln 12 dienen dabei zum Antrieb der Turbinenwelle 8 durch Impulsübertrag vom die Turbine 6 durchströmenden Arbeitsmedium M. Die Leitschaufeln 14 dienen hingegen zur Strömungsführung des Arbeitsmediums M zwischen  
5 jeweils zwei in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums M geschehen aufeinanderfolgenden Laufschaufelreihen oder Laufschaufelkränzen. Ein aufeinanderfolgendes Paar aus einem Kranz von Leitschaufeln 14 oder einer Leitschaufelreihe und aus einem Kranz von Laufschaufeln 12 oder einer Laufschaufelreihe wird  
10 dabei auch als Turbinenstufe bezeichnet.

Jede Leitschaufel 14 weist eine auch als Schaufelfuß bezeichnete Plattform 18 auf, die zur Fixierung der jeweiligen Leitschaufel 14 am Innengehäuse 16 der Turbine 6 als Wandelement  
15 angeordnet ist. Die Plattform 18 ist dabei ein thermisch vergleichsweise stark belastetes Bauteil, das die äußere Begrenzung eines Heizgaskanals für das die Turbine 6 durchströmende Arbeitsmedium M bildet. Jede Laufschaufel 12 ist in analoger Weise über eine auch als Schaufelfuß bezeichnete Plattform 20  
20 an der Turbinenwelle 8 befestigt.

Zwischen den beabstandet voneinander angeordneten Plattformen 18 der Leitschaufeln 14 zweier benachbarter Leitschaufelreihen ist jeweils ein Führungsring 21 am Innengehäuse 16 der  
25 Turbine 6 angeordnet. Die äußere Oberfläche jedes Führungsrings 21 ist dabei ebenfalls dem heißen, die Turbine 6 durchströmenden Arbeitsmedium M ausgesetzt und in radialer Richtung vom äußeren Ende 22 der ihm gegenüber liegenden Laufschaufel 12 durch einen Spalt beabstandet. Die zwischen be-  
30 nachbarten Leitschaufelreihen angeordneten Führungsringe 21 dienen dabei insbesondere als Abdeckelemente, die die Innenwand 16 oder andere Gehäuse-Einbauteile vor einer thermischen Überbeanspruchung durch das die Turbine 6 durchströmende hei-  
ße Arbeitsmedium M schützt.

35

Die Brennkammer 4 ist im Ausführungsbeispiel, wie in FIG 2 dargestellt, als so genannte Ringbrennkammer ausgestaltet,

bei der eine Vielzahl von in Umfangsrichtung um die Turbinenwelle 8 herum angeordneten Brennern 10 in einen gemeinsamen Brennkammerraum münden. Dazu ist die Brennkammer 4 in ihrer Gesamtheit als ringförmige Struktur ausgestaltet, die um die  
5 Turbinenwelle 8 herum positioniert ist.

Zur Erzielung eines vergleichsweise hohen Wirkungsgrades ist die Brennkammer 4 für eine vergleichsweise hohe Temperatur des Arbeitsmediums M von etwa 1200 °C bis 1500 °C ausgelegt.  
10 Um auch bei diesen für die Materialien ungünstigen Betriebsparametern eine vergleichsweise lange Betriebsdauer zu ermöglichen, ist die Brennkammerwand 24 auf ihrer dem Arbeitsmedium M zugewandten Seite mit einer aus Hitzeschildelementen 26 gebildeten Innenauskleidung versehen. Aufgrund der hohen Temperaturen im Inneren der Brennkammer 4 ist für die Hitze-  
15 schildelemente 26 ein Kühlsystem vorgesehen.

Die Hitzeschildelemente 26 sind insbesondere für eine lange Lebensdauer ausgelegt, so dass möglichst wenig Beschädigungen  
20 durch die extremen Einflüsse, wie die hohe Temperatur und Vibrationen der Brennkammer 4, auftreten. Dazu bestehen diese aus einem aus einem gegossenen keramischen Werkstoff gebildeten Grundkörper 28, in den Verstärkungselemente 30 integriert sind. Für eine geeignete Temperaturbeständigkeit der Verstärkungselemente bestehen diese aus einem keramischen Werkstoff  
25 oder Verbundmaterial. Die Verstärkungselemente 30 können dazu für die auf ein Hitzeschildelement 26 einwirkenden Einflüsse ausgelegt werden. In den Figuren 3 bis 7 sind verschiedene Ausführungsformen von Hitzeschildelementen 26 mit Verstärkungselementen 30 aufgeführt.  
30

In FIG 3 ist ein Hitzeschildelement 26 mit plattenförmigen Verstärkungselementen 30 dargestellt, wobei jeweils für die dem Arbeitsmedium M und die der gekühlten Seite zugewandte  
35 Oberfläche ein Verstärkungselement 30 vorgesehen ist. In FIG 4 ist ersichtlich, dass die plattenförmige Verstärkungselemente 30 für einen besseren Verbund mit der umgebenden Ke-

ramik mit einer gitterförmigen Struktur versehen werden können bzw. als Gitter ausgeführt sind, insbesondere als Kreuzgitter (FIG 4a) oder als Lochgitter (FIG 4b).

- 5 Für eine besonders hohe Verstärkung der Randbereiche eines Hitzeschildelementes 26 können, wie in FIG 5 dargestellt, stabförmige Verstärkungselemente 30 eingesetzt werden, die entlang den Seitenkanten eines Hitzeschildelementes 26 verlaufen und mit Sicken oder Aufdickungen (FIG 5a) oder verdichteten Enden (FIG 5b) versehen sind, um eine feste Verankerung in der umgebenden Keramik 28 sicherzustellen. Aus
- 10 FIG 6 ist ersichtlich, dass für eine Verstärkung eines Hitzeschildelementes 26 entlang seines Umfangs eine ringförmige Struktur (FIG 6a) der Verstärkungselemente 30 eingesetzt werden kann, wobei diese in einer besonders verwindungssteifen Ausführung kreisrund (FIG 6b) ausgeführt sein kann. In dem in
- 15 FIG 7 dargestellten Hitzeschildelement 26 ist für eine stabilisierend wirkende Verspannung der Ecken eines Hitzeschildelementes 26 ein kreuzförmiges Verstärkungselement 30 vorgesehen, dass an seinen Enden jeweils Verdickungen zur Verankerung im keramischen Werkstoff 26 aufweist.
- 20

## Patentansprüche

1. Hitzeschildelement (26), insbesondere für die Innenauskleidung der Brennkammer (4) einer Gasturbine (1), mit einem  
5 aus einem verfestigten gegossenen keramischen Werkstoff gebildeten Grundkörper (28), in den eine Anzahl von Verstärkungselementen (30) eingebracht ist.
2. Hitzeschildelement (26) nach Anspruch 1, bei dem das oder  
10 jedes Verstärkungselement (30) aus einem keramischen Verbundmaterial gebildet ist.
3. Hitzeschildelement (26) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem  
15 das oder jedes Verstärkungselement (30) eine Anzahl von Sicken und oder Aufdickungen aufweist.
4. Hitzeschildelement (26) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
bei dem das oder jedes Verstärkungselement (30) eine parallel  
20 und zur Oberfläche des Grundkörpers (28) beabstandet angeordnete ebene Platte umfasst.
5. Hitzeschildelement (26) nach Anspruch 4, dessen plattenförmig ausgebildetes Verstärkungselement (30) eine Anzahl von  
25 Aussparungen aufweist.
6. Hitzeschildelement (26) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
bei dem das oder jedes Verstärkungselement (30) eine Gitterstruktur aufweist.
- 30 7. Hitzeschildelement (26) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dessen Verstärkungselement (30) eine stabförmige Form aufweist und längs einer Umfangskante des Grundkörpers (28) verläuft.
- 35 8. Hitzeschildelement (26) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dessen Verstärkungselement (30) eine kreuzförmige Form auf-

weist, wobei die Enden im Bereich der Ecken des Grundkörpers (28) positioniert sind.

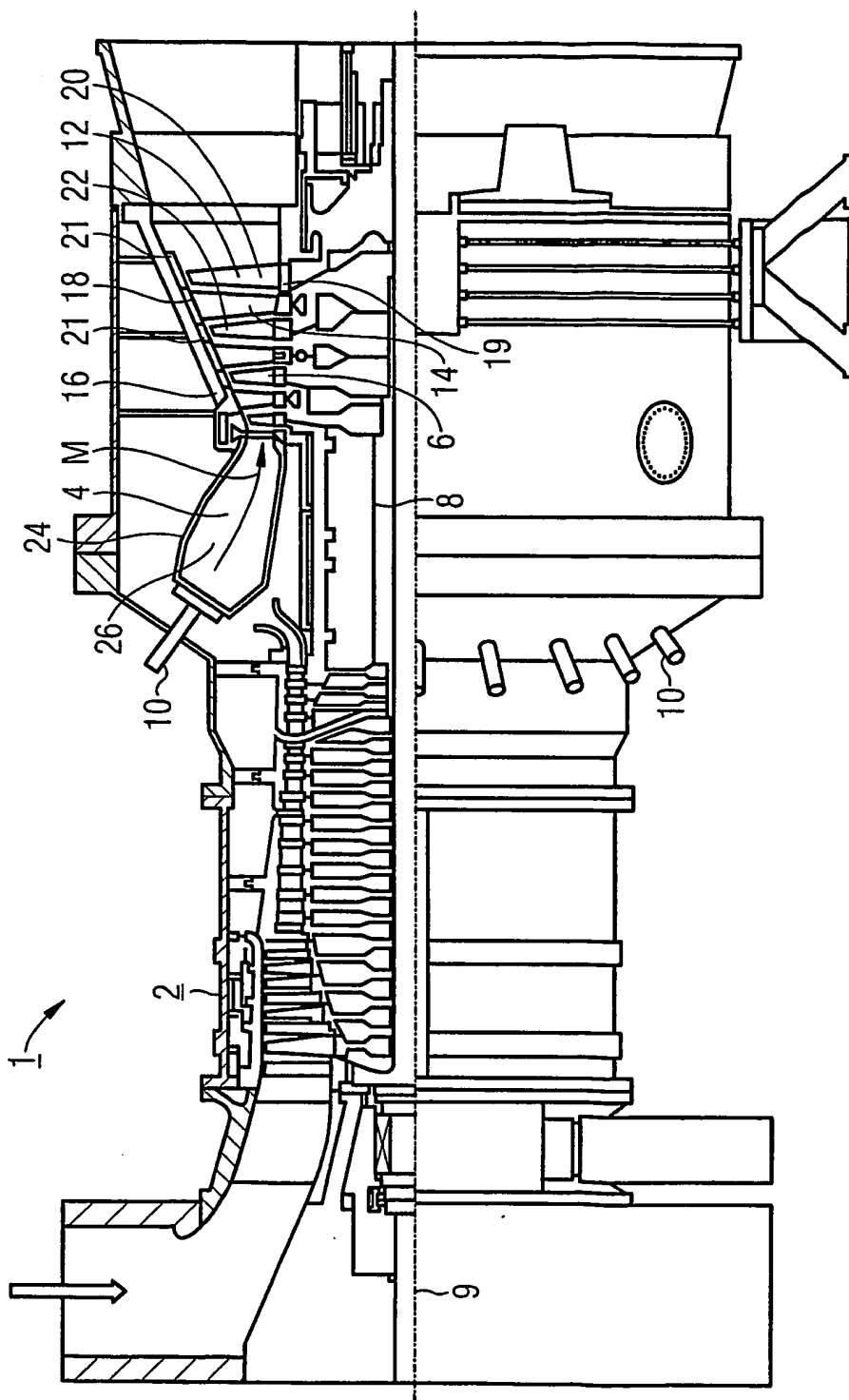
5 9. Hitzeschildelement (26) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dessen Verstärkungselement (30) eine ringförmige geschlossene Form aufweist und längs des Umfangs des Grundkörpers (28) verläuft.

10 10. Brennkammer (4) mit einer Innenwandauskleidung aus Hitzeschildelementen (26) nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

11. Gasturbine (1) mit einer Brennkammer (4) nach Anspruch 10.

1/7

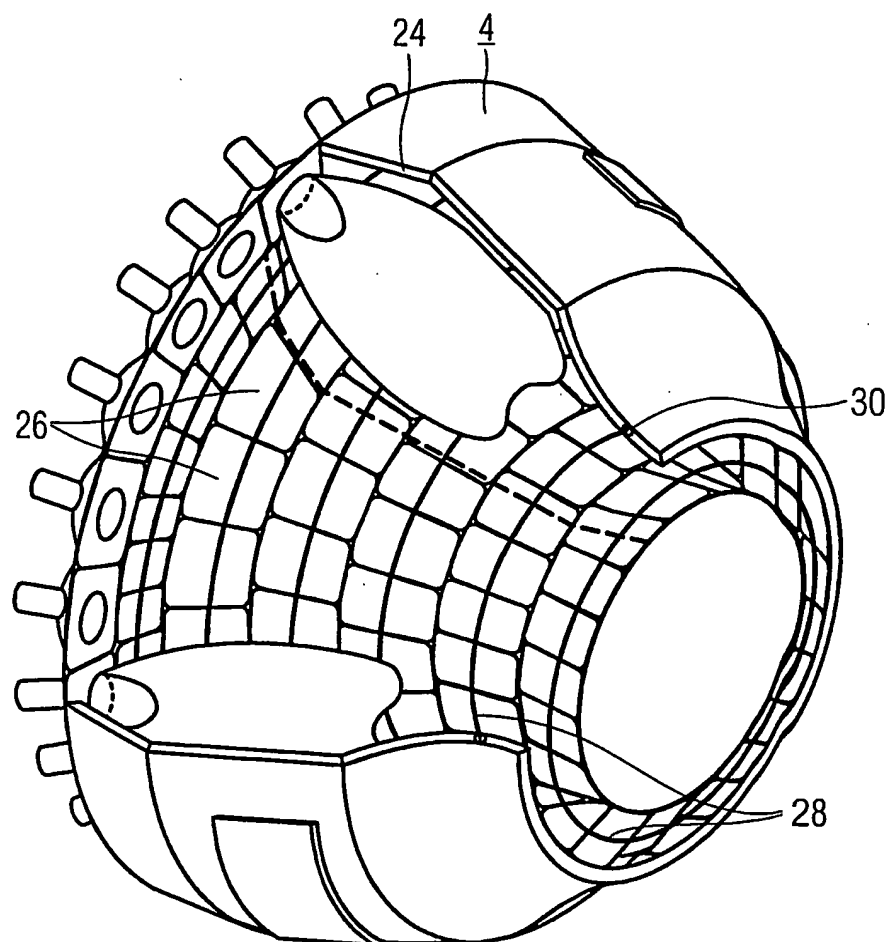
FIG 1





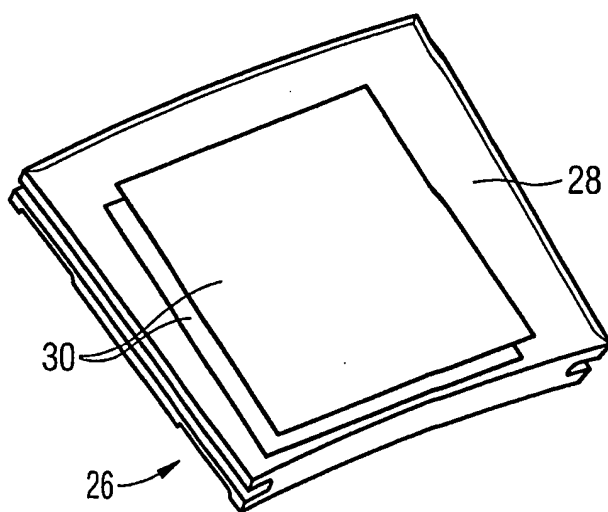
2/7

FIG 2



3/7

FIG 3



4/7

FIG 4a

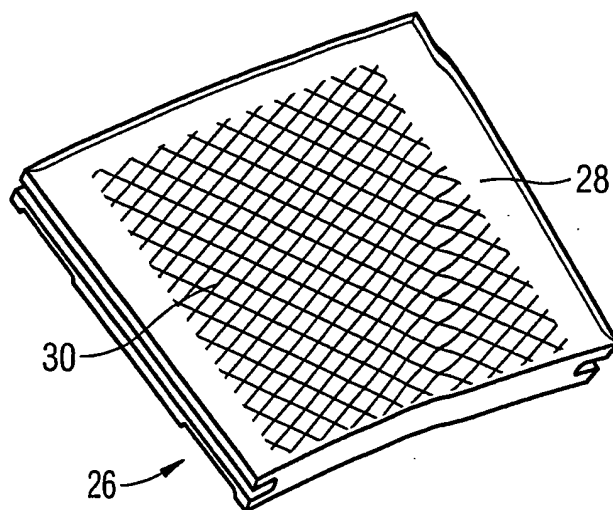
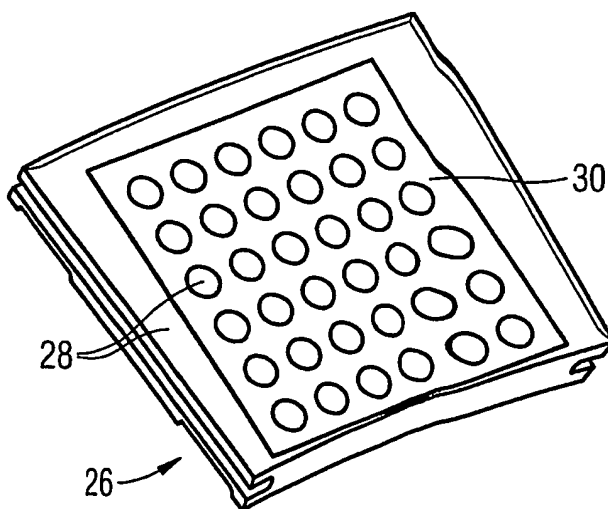


FIG 4b



5/7

FIG 5a

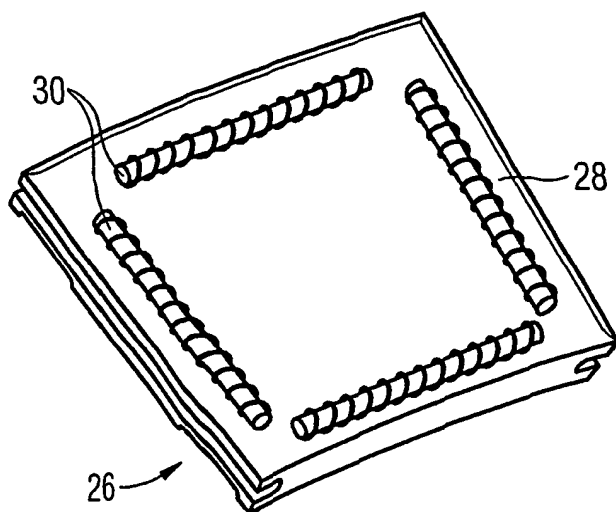
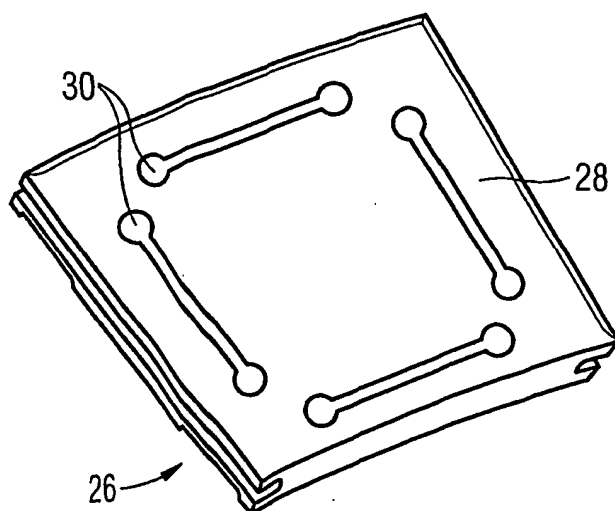


FIG 5b



6/7

FIG 6a

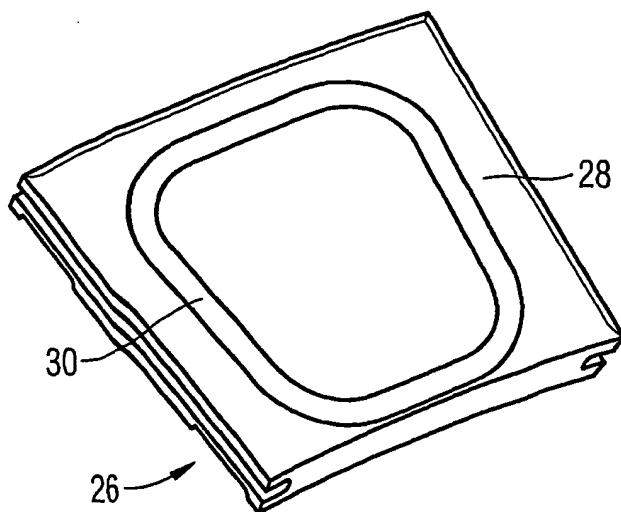
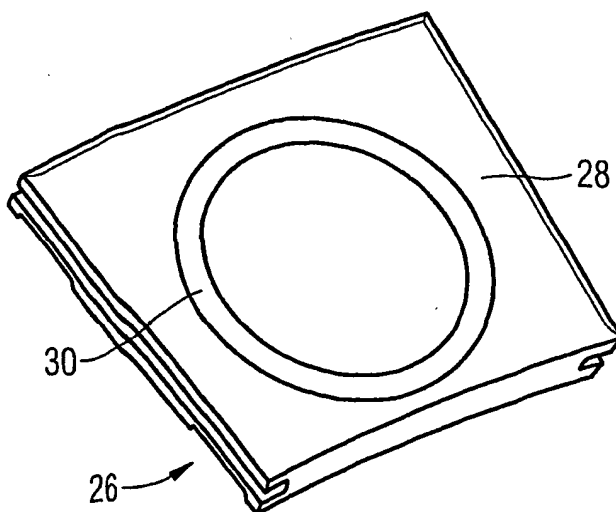


FIG 6b



7/7

FIG 7

